

10/506457

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 11 JUN 2003

WIPO

PCT

#2

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

102 09 763.1

**Anmeldetag:**

5. März 2002

**Anmelder/Inhaber:**

Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Vorrichtung und Verfahren zum anisotropen Plasma-  
ätzen eines Substrates, insbesondere eines Silizium-  
körpers

**IPC:**

H 01 L, H 01 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. März 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Hiebinger

12.02.02 Kut/Dm

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Vorrichtung und Verfahren zum anisotropen Plasmaätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers

15

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum anisotropen Ätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers, mit Hilfe einer Plasmaquelle nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

20

Stand der Technik

25

Beim anisotropen Hochratenplasmaätzen von Silizium mit möglichst hoher Maskenselektivität und möglichst guter Profilkontrolle, beispielsweise nach Art der DE 42 41 045 C1, ist es erforderlich, auf den Seitenwänden der zu ätzenden Strukturen eine stabile Passivierung aufbringen, die auf dem Ätzgrund der zu ätzenden Strukturen leicht und unter Erhalt der Maskenselektivität, d.h. durch einen Ioneneinfall mit geringem Energieeintrag pro Zeiteinheit, wieder abgetragen werden kann. Gleichzeitig ist es erforderlich, eine hohe Dichte an Ätzspezies zum Abtrag des Siliziums auf dem Ätzgrund bereitstellen.

30

35

Als Ätzspezies werden üblicherweise Fluorradikale aus fluorliefernden Ätzgasen wie  $\text{SF}_6$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{ClF}_3$ ,  $\text{BrF}_3$ , usw. eingesetzt, welche in einem hochdichten Plasma aufgebrochen werden. Als Passivierspezies kommen vor allem teflonbildende Monomere aus Passi-

vieregasen wie  $C_4F_8$ ,  $C_3F_6$  oder anderen Fluorkohlen(wasser)stoffen mit vorzugsweise niedrigem Fluor-zu-Kohlenstoff-Verhältnis, z.B. 2:1, in Frage, welche ebenfalls in einem hochdichten Plasma aufgebrochen werden.

5

Die teflonbildenden Monomere bauen einen Seitenwandschutzfilm auf, der einen Ätzangriff auf die Seitenwand verhindert und zur gewünschten Anisotropie der Ätzung führt, während ein gerichteter Ioneneinfall vor allem auf den Ätzgrund dafür sorgt, dass die teflonartigen Schutzfilme dort bevorzugt wieder abgebaut werden, so dass der Ätzgrund im Wesentlichen frei von dem Schutzfilm bleibt, während die Fluorradikale als Ätzspezies die freiliegenden Siliziumflächen auf dem Ätzgrund ätzen.

10

15

Versucht man, einem Plasma gleichzeitig fluorliefernde Ätzgase und polymerbildende Passiviergase zuzuführen und diese darin aufzubrechen, um so gleichzeitig eine hohe Dichte an Ätzspezies und Passivierspezies zu generieren, so beobachtet man eine unerwünschte Rekombination beider Spezies, d.h. statt einem Aufbau von Polymerfilmen auf den Seitenwänden und einem effizienten Ätzen am Ätzgrund reagieren die Fluorradikale und die polymerisationsfähigen Teflonbildner zu gesättigten Fluorverbindungen, die gegenüber Silizium weitgehend inaktiv sind.

20

25

In US 5,498,312 ist in Inkaufnahme dieses Problems vorgeschlagen worden, eine besonders hohe Plasmadichte einzusetzen, um über eine hohe Dichte beider, an sich unverträglicher Spezies der unerwünschten Rekombinationsreaktion mit einer entsprechend höheren Produktionsrate beider Spezies zu begegnen. Dieser Ansatz führt jedoch, bezogen auf die erzielbare Si-Ätzrate pro kWatt Plasmaleistung, zu relativ ineffizienten Prozessen und ist problematisch hinsichtlich der Profilkontrolle und der dabei auftretenden Reaktorkontamination mit Polymeren, was vor allem

30

durch den erforderlichen Überschuss an Passiviergas gegenüber dem Ätzgas verursacht wird.

5       Einen alternativen Lösungsansatz beschreibt US 6,303,512, wo  
Ätz- und Passiviergase eingesetzt werden, die besser verträglich  
zueinander sind. So wird dort als fluorlieferndes Ätzgas  $\text{SF}_6$   
oder  $\text{ClF}_3$  eingesetzt, während die Passivierung unter Einsatz von  
Sauerstoff und Siliziumtetrafluorid durch Abscheidung eines  
10        $\text{SiO}_2$ -artigen Schutzfilms auf den Seitenwänden der zu ätzenden  
Strukturen erreicht wird. Fluorradikale und Sauerstoffradikale  
bzw.  $\text{SiF}_4$  reagieren bzw. rekombinieren nicht untereinander, so  
dass Ätz- und Passiviergase problemlos als stationäres Gasge-  
misch eingesetzt werden können. Nachteilig ist dabei jedoch,  
dass die Seitenwandpassivierung durch vergleichsweise harte  
15        $\text{SiO}_2$ -artige Filme bewirkt wird, die einen erhöhten Energieein-  
trag durch gerichteten Ioneneinfall erfordern, um auf den Ätz-  
grund durchbrochen werden zu können, was die Maskenselektivität  
stark senkt. Der Ätzprozess gemäß US 6,303,512 muss somit mit  
Rücksicht auf die Maskenselektivität grenzlastig betrieben wer-  
20       den, was das Risiko unerwünschter Ätzgrundrauhigkeiten und soge-  
nannter „Grasbildung“ erhöht. Die Passivierung mit Hilfe von  
 $\text{SiO}_2$  hat zudem den Nachteil, dass Inhomogenitäten des Energie-  
eintrags auf das geätzte Substrat weit stärkere Störeffekte nach  
sich ziehen als im Fall von teflonartigen Filmen.

25       Die DE 42 41 045 C1 löst das Problem der „unfriedlichen Koexi-  
stenz“ von Si-ätzenden Fluorradikalen und teflonartige Filme  
bildenden Monomeren dadurch, dass deren Erzeugung zeitlich ge-  
trennt wird bzw. alternierend erfolgt. Auf diese Weise werden  
30       während sogenannter „Passivierzyklen“ gebildete teflonartige  
Filme während nachfolgender, an sich isotroper „Ätzzyklen“ wie-  
der abgetragen und tiefer in den erzeugten Trenchgräben redepo-  
niert, so dass eine lokale Schutzwirkung durch Verschleppung des  
Seitenwandfilms in die Tiefe der Trenchgräben entsteht. Proble-

5 matisch ist dabei die eingeschränkte Plasmastabilität während  
der Gaswechsel, wo Impedanzänderungen im Plasma zu einer Fehlan-  
passung der eingekoppelten Hochfrequenz- oder Mikrowellenstrah-  
lung führen können, was eine reflektierte Leistung bis hin zum  
Aussetzen der Plasmaentladung („Blinken“) zur Folge hat. Zudem  
sind mit diesem Verfahren im Einzelfall gelegentlich nicht völ-  
lig glatte Seitenwände der erzeugten Trenchgräben erreichbar,  
was beispielsweise für optische Applikationen unter Einsatz von  
Spiegelflächen nachteilig sein kann.

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung war, ausgehend von DE 42 41  
045 C1, die Bereitstellung eines Verfahrens zur anisotropen  
Hochratenätzung eines Halbleitersubstrates wie Silizium mit Hil-  
fe eines Plasmas sowie einer zu dessen Durchführung geeigneten  
15 Vorrichtung, mit dem die aus DE 42 41 045 C1 bekannten Nachteile  
wie zeitweilig damit verbundene Prozessinstabilitäten bzw. Tran-  
sienten überwunden, und stets möglichst glatte Seitenwände der  
erzeugten Trenchgräben ohne Wandriefelungen erreicht werden kön-  
nen.

20 Vorteile der Erfindung

25 Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Ver-  
fahren hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass auf  
einen ständigen Gaswechsel zwischen Ätzgas und Passiviergas in  
der Plasmaätzvorrichtung verzichtet werden kann, so dass damit  
verbundene Prozessinstabilitäten vermieden und insgesamt noch  
glattere Seitenwände der erzeugten Trenchgräben erzielt werden.  
Gleichzeitig bleiben die Vorteile des Verfahrens gemäß DE 42 41  
30 045 C1 erhalten und die dazu entwickelten Prozessparameter und  
Anlagenkonfigurationen können, abgesehen von dem neu vorgesehe-  
nen Mittel zur Definition der Ätzgas- bzw. Passiviergaszonen,  
weitgehend weiter verwendet werden. Insofern ist die erfindungs-  
gemäße Vorrichtung leicht in bestehende Anlage integrierbar und

das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich ohne wesentlichen Investitionsaufwand und die Entwicklung völlig neuer Prozessparameter auf der Grundlage des Verfahrens gemäß DE 42 41 045 C1 weiterhin führen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

So ist besonders vorteilhaft, wenn dem Ätzgas, das die der Fluorradikalenerzeugung dienenden Ätzgaszonen durchströmt, ein gewisser Anteil Sauerstoff zugesetzt wird, wie dies in DE 198 26 382 A1 beschrieben ist. Dieser Sauerstoffzusatz bewirkt keinen schädlichen Prozesseinfluss, sorgt jedoch dafür, dass Schwefelverbindungen zu  $\text{SO}_2$  und ähnlichen flüchtigen Stoffen reagieren, anstatt sich als hochkettige Schwefelschicht im Abgasbereich der Plasmaätzanlage auszuscheiden.

Vorteilhaft ist weiter, insbesondere beim Einsatz von keramischen Materialien für den Kessel der Plasmaätzvorrichtung, wenn auch dem Passiviergas, das die der Erzeugung teflonartiger Monomere dienenden Passiviergaszonen durchströmt, eine geringere Menge an Sauerstoff zugesetzt wird, um darüber die Entstehung von Graphitpartikeln zu unterdrücken, die auf dem zu ätzenden Halbleitersubstrat, das in der Regel als Siliziumwafer ausgeführt ist, als schädliche Mikromasken wirken könnten. Damit der Sauerstoffanteil im Passiviergas prozessunschädlich bleibt, sind die eingesetzten Sauerstoffmengen in der Regel auf etwa 10 % bis 20 % des Sauerstoffwertes beschränkt werden, der dem Ätzgas zugesetzt wird oder werden kann. Bei Verwendung von Quarzglas oder einem anderen Glas als Kesselmaterial ist dieser Sauerstoffzusatz meist nicht erforderlich, da sich auf Glasoberflächen aufgrund des dort vorhandenen Sauerstoffes keine Graphitpartikel bilden.

5 Daneben ist besonders vorteilhaft, wenn die Plasmaätzvorrichtung  
in Kombination mit einem magnetischen Ionendiskriminator einge-  
setzt wird, wie er in DE 199 33 841 A1 und insbesondere der dar-  
auf aufbauenden Anmeldung DE 100 51 831.1 beschrieben ist. Durch  
10 die dort erläuterte Technik der Einstellung von gegensinnigen  
Magnetspulenströmen unterhalb der eigentlichen Plasmaerzeugungs-  
zone bzw. Plasmaquelle werden besonders uniforme Ätzergebnisse  
über die gesamte Substratoberfläche erzielt. Darüber hinaus ist  
es bei dem im Rahmen der Erfindung bevorzugt eingesetzten induk-  
tiv gekoppelten Plasma vorteilhaft, wenn eine balancierte Spei-  
15 sung der induktiven Spule verwendet wird, wie sie in EP 1 062  
679 B1 beschrieben ist.

20 Schließlich ist vorteilhaft, wenn während der Durchführung des  
erläuterten Plasmaätzverfahrens eine kontinuierliche oder  
schrittweise Veränderung der Prozessparameter vorgenommen wird,  
beispielsweise des Prozessdrucks, der Plasmaleistung, der Sub-  
stratbiasleistung, der Substratbiasspannung, der Prozessgasflüs-  
se oder der Substrattemperatur. Insbesondere ist vorteilhaft,  
25 wenn das Verhältnis von Passiviergasfluss zu Ätzgasfluss während  
des Ätzverfahrens kontinuierlich oder in diskreten Schritten va-  
riiert wird, wie dies in US 6,284,148 für ein Verfahren nach Art  
der DE 42 41 045 C1 bereits vorgeschlagen wurde.

30 Im Übrigen ist vorteilhaft, dass sich die auf einem Prozess nach  
Art der DE 42 41 045 C1 basierenden Weiterentwicklungen, seien  
sie prozesstechnischer oder anlagentechnischer Art, weitestge-  
hend mit der im Rahmen der vorliegenden Erfindung beschriebenen  
Ätzvorrichtung und dem vorliegend erläuterten Ätzverfahren kom-  
binieren lassen. So lässt sich insbesondere auch die in DE 199  
33 842 A1 beschriebene Doppelpulstechnik für die Substratbias-  
spannung oder -leistung, die vor allem der Unterdrückung einer  
Taschenbildung im Bereich eines als Ätzstopp wirkenden dielek-

trischen Interfaces dient, in das vorliegende Verfahren integrieren.

## Zeichnungen

Die Erfindung wird anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt Figur 1a eine Prinzipskizze einer ersten Ausführungsform eines Einsatzkörpers, der in die Ätzkammer der Plasmaätzanlage eingesetzt ist, Figur 1b einen Schnitt durch Figur 1a entlang der eingezeichneten Schnittlinie, Figur 2a eine zweite, zu Figur 1a alternative Ausführungsform des Einsatzkörpers, Figur 2b einen Schnitt durch Figur 2a entlang der eingezeichneten Schnittlinie, Figur 3a eine weitere, zu Figur 1a oder Figur 2a alternative Ausführungsform des Einsatzkörpers, Figur 3b einen Schnitt durch Figur 3a, und Figur 4 eine vierte Ausführungsform des Einsatzkörpers.

## Ausführungsbeispiele

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das damit durchführbare erfindungsgemäße Verfahren zielt in erster Linie darauf ab, anstelle einer zeitlichen Trennung der Erzeugung von Silizium ätzenden Ätzspezies (F) und teflonartige Filme bildenden Passivierspezies ( $C_nF_{2n}$ ), wie dies aus DE 41 42 045 C1 bekannt ist, eine räumliche Trennung der Erzeugung beider Spezies in der Plasmaätzanlage vorzunehmen, um diese so gleichzeitig und weitestgehend ohne schädliche Wechselwirkungen untereinander erzeugen zu können. Es sei jedoch betont, dass neben der räumlichen Trennung weiterhin natürlich auch noch zusätzlich eine zeitlich Trennung erfolgen kann, d.h. das erfindungsgemäß vorgeschlagene Konzept lässt sich bei Bedarf auch mit dem Vorgehen gemäß DE 42 41 045 C1 kombinieren. Dies ist jedoch in der Regel nicht erforderlich.



Konkret ist in der Plasmaätzanlage innerhalb der Plasmaquelle, d.h. in einem Reaktionsbereich 20, zunächst mindestens eine Ätzgaszone 23 vorgesehen, die im Wesentlichen oder überwiegend von einem Fluorradikale liefernden Ätzgas wie  $\text{SF}_6$  durchströmt wird, d.h. in dieser findet zumindest weitgehend die plasmainduzierte Erzeugung von Fluorradikalen statt.

Daneben ist innerhalb der Plasmaquelle in dem Reaktionsbereich 20 mindestens eine Passiviergaszone 22 vorgesehen, die im Wesentlichen oder überwiegend von einem teflonbildende Monomere liefernden Passiviergas wie  $\text{C}_4\text{F}_8$  durchströmt wird, d.h. in dieser findet zumindest weitgehend die plasmainduzierte Erzeugung von teflonbildenden Monomeren statt.

Schließlich weist die Plasmaätzvorrichtung zwischen der Plasmaquelle und dem zu ätzenden Substrat, das in der Regel ein Siliziumwafer ist, einen Mischungsbereich 21 auf, der möglichst außerhalb der Plasmaquelle bzw. der Ätzgaszone 23 und der Passiviergaszone 22 angeordnet ist. In diesem Mischungsbereich 21 findet, nachdem zunächst eine möglichst hohe Dichte von Ätzspezies und Passivierspezies in der Ätzgaszone 23 bzw. Passiviergaszone 22 zumindest weitgehend unabhängig voneinander erzeugt wurde, eine möglichst gute Durchmischung beider Spezies auf deren Weg zu dem zu ätzenden Substrat statt.

Diese Durchmischung ist notwendig, um eine homogene Zusammensetzung des Reaktionsgases am Ort des Substrates zu erreichen, was Voraussetzung ist für ein homogenes Ätzergebnis über der gesamten Substratoberfläche ist. Andererseits tritt bei der Durchmischung a priori eine wie erläutert unerwünschte Rekombination beider Speziessorten mit wechselseitiger Auslöschung auf.

Es hat sich jedoch überraschend herausgestellt, dass diese Durchmischung, die erfindungsgemäß zumindest weitgehend erst au-

5      Berhalb der Plasmaquelle bzw. der oder den Ätzgaszonen 23 und  
der oder den Passiviergaszonen 22 stattfindet, wo das Gasgemisch  
bereits zur Substratelektrode und zum darauf angeordneten Sub-  
strat hin expandiert, nunmehr gegenüber dem Stand der Technik  
hinsichtlich der unerwünschten Rekombination beider Speziessor-  
ten wesentlich geringere Auswirkungen hat. Insbesondere hat sich  
gezeigt, dass weniger die Gegenwart einer hohen Dichte beider  
Speziessorten störend ist hinsichtlich der unerwünschten Rekombi-  
nation, sondern vielmehr die gleichzeitige Gegenwart beider  
Ausgangsstoffe am gleichen Erzeugungsort, nämlich im Bereich der  
10      Plasmaquelle bzw. im Reaktionsbereich 20.

15      Ist dagegen erst einmal eine hohe Dichte von Fluorradikalen und  
teflonbildende Filme aufbauenden Monomeren aus den Ausgangsstof-  
fen möglichst unabhängig voneinander erzeugt worden, was durch  
die räumliche Trennung in getrennten Zonen, d.h. Ätzgaszone 23  
und Passiviergaszone 22, erreicht wird, ist das Zusammentreffen  
beider Speziessorten außerhalb dieser Zonen 22, 23 und somit  
insbesondere außerhalb der Plasmaquelle dann nicht mehr so stö-  
rend. Insofern ist dann, wenn erst einmal eine hohe Dichte von  
20      Passivierspezies und Ätzspezies unabhängig voneinander gebildet  
wurde, und insbesondere die Kettenlänge und damit die Masse der  
Passivierspezies, d.h. der aus teflonbildenden Radikalen aufge-  
bauten teflonartigen Precursorketten radikalischer Natur, schon  
relativ groß ist, die Rekombinationsreaktion nicht mehr so aus-  
schlaggebend, als wenn beide Speziessorten schon während des Er-  
zeugungsprozesses im Plasma konkurrierten. Die Situation ist  
weiter umso unproblematischer, je größer die teflonartigen Pre-  
cursorketten beim Eintritt in den Mischungsbereich bereits ge-  
worden sind, d.h. je mehr möglichst lange und eventuell verzweig-  
te Radikalketten der Form  $\cdot(\text{CF}_2)_n\cdot$  gebildet wurden.

30      Die Figur 1a erläutert ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfin-  
dung schematisch in perspektivischer Ansicht, wobei der Kessel

oder die Ätzkammer der Plasmaätzvorrichtung mit einer induktiv gekoppelten Plasmaquelle, wie sie an sich beispielsweise aus DE 199 33 841 A1 bekannt ist, versehen ist. Weiter ist der Plasmaerzeugungsbereich mit Hilfe eines in Draufsicht sternförmigen Einsatzkörpers 5, der räumlich betrachtet die Oberfläche eines Zylinders als Einhüllende aufweist, in mehrere, für ein Gas zumindest weitgehend voneinander getrennte Zonen 22, 23 unterteilt.

Im Einzelnen sind in dem Reaktionsbereich 20, auf den die Plasmaquelle einwirkt, mehrere Ätzgaszonen 23 und Passiviergaszonen 22 vorgesehen, die von einem den Ätzgaszonen 23 jeweils zugeordneten Ätzgas oder einem den Passiviergaszonen 22 jeweils zugeordneten Passiviergas durchströmt werden. Bevorzugt wechseln sich die Ätzgaszonen 23 und Passiviergaszonen 22 in Draufsicht auf den Einsatzkörper 5 ab. Die Zufuhr des den einzelnen Zonen 22, 23 jeweils zugeordneten Gases erfolgt durch entsprechende Gaseinlässe oder Gaseintrittsöffnungen 12, 13 in Form von Bohrungen in einer Deckelplatte 14 des Einsatzkörpers 5, so dass darüber den Ätzgaszonen 23 das Ätzgas  $\text{SF}_6$  und den Passiviergaszonen 22 das Passiviergas  $\text{C}_4\text{F}_8$  gleichzeitig zuführbar ist, ohne dass es bereits im Bereich der Plasmaerzeugung oder der Plasmaquelle zu einer Durchmischung dieser Gase kommt.

Die Figur 1b zeigt die sternförmige Struktur des Einsatzkörpers 5 in Draufsicht, wobei auch eine Spule 10 angedeutet ist, die den Einsatzkörper 5, der sich im Plasmaerzeugungsbereich der Plasmaätzvorrichtung befindet, umgibt, und die das gewünschte Plasma im Inneren des Einsatzkörpers 5 durch induktive Kopplung erzeugt.

Der Einsatzkörper 5 weist bevorzugt keine äußere, beispielsweise zylindrische Mantelfläche auf, da diese von der Wand der Plasmaätzvorrichtung gebildet werden kann. Dazu ist der Einsatzkörper

per 5 entsprechend dimensioniert und an den Durchmesser des Kessels der Plasmaätzvorrichtung angepasst.

Der Einsatzkörper 5 kann jedoch neben sternförmig von dessen Mitte ausgehenden Wänden 24, die die Ätzgaszonen 23 und die Passivierungszonen 22 definieren, zusätzlich auch eine den Mantel bildende äußere, in der Regel zylindrische oder hülsenförmige Berandung aufweisen, so dass der Einsatzkörper 5 bereits für sich betrachtet, d.h. auch vor dem Einsetzen in die Plasmaätzvorrichtung, auch seitlich abgeschlossene Ätzgaszonen 23 und Passivierungszonen 22 definiert. Diese Ausführungsform ist zwar aufwendiger, macht den Einsatzkörper 5 jedoch von der Geometrie der Plasmaätzvorrichtung unabhängiger und damit auch vielseitiger verwendbar.

Der Gesamtgasstrom des Ätzgases bzw. Ätzgasgemisches und der Gesamtgasstrom des Passivierungsgases bzw. Passivierungsgasgemisches in dem Einsatzkörper 5 wird über übliche Massenflussregler kontrolliert, wobei sich der jeweilige Gesamtgasstrom bevorzugt gleichmäßig auf jeweils äquivalente Zonen 22, 23 verteilt. Im Übrigen ist es auch möglich, jeder der Zonen 22, 23 einen eigenen Massenflussregler zuzuordnen, der die diesen Zonen 22, 23 zugeführte Gasmenge jeweils individuell steuert.

Die Plasmaanregung erfolgt im erläuterten Beispiel durch die Spule 10, die um den Kessel der Plasmaätzvorrichtung herumgeführt ist. Diese Spule 10 weist eine oder mehrere Windungen auf und wird bevorzugt in der in EP 1 062 679 B1 beschriebenen Weise balanciert gespeist.

Die Zündung des Plasmas in den durch den Einsatzkörper 5 in den Kessel bereichsweise induzierten verschiedenen Zonen 22, 23 ist problemlos, da die Spule 10 an jede dieser Zone 22, 23 unmittelbar angrenzt und die in das Volumen eingreifenden elektrischen

Felder eine ausreichende Vorionisation zum Aufbau der gewünschten induktiven Plasmamode leistet.

5 Wird ein Einsatzkörper 5 aus Quarzglas verwendet, sorgt die auftretende ultraviolette Strahlung zusätzlich dafür, dass das Plasma in allen Zonen 22, 23 gleichmäßig zündet, sobald auch nur eine Zone 22, 23 gezündet hat und UV-Strahlung aussendet, d.h. in diesem Fall wird unabhängig von einem elektrischen Eingriff ein Zünden durch UV-Vorionisation erreicht.

10 Bevorzugt ist der Einsatzkörper 5 aus Quarzglas und der Kessel der Plasmaätzanlage aus Keramik ausgeführt, wobei der Einsatzkörper 5 einfach in den Kessel der Plasmaätzvorrichtung eingestellt und möglichst gut an dessen Geometrie angepasst sein  
15 sollte.

An die Dichtigkeit oder Gasundurchlässigkeit der einzelnen Zonen 22, 23 untereinander werden keine hohen Anforderungen gestellt. Insbesondere ist ausreichend, wenn jeweils zumindest der über-  
20 wiegende Teil des die jeweilige Zone 22, 23 durchströmenden Gases, sei es Ätzgas oder Passiviergas, von der betreffenden Sorte, d.h. Ätzgas oder Passiviergas, ist. Bevorzugt ist allerdings der Aufbau derart, dass keine oder nur eine vernachlässigbare Durchmischung von Ätzgas und Passiviergas im Bereich des Ein-  
25 satzkörpers 5 auftritt. Dabei sei jedoch betont, dass eine derartige Durchmischung vor allem im unteren, dem zu ätzenden Substrat zugewandten Bereich des Einsatzkörpers 5, der dort offen ist, nicht völlig zu vermeiden und vielmehr dort sogar erwünscht ist.

30 Die Zahl der Zonen 22, 23 des Einsatzkörpers ist im erläuterten Beispiel bevorzugt gerade und beträgt beispielsweise sechs, vorzugsweise acht bis zwölf, um ein homogenes Ätzergebnis zu erreichen. Entsprechend wird der Einsatzkörper 5 dann durch einen

„sechszackigen“, „achtzackigen“ oder „zehnzackigen Stern“ gebildet, der in den eigentlichen Kessel der Plasmaätzanlage eingesetzt ist.

5 Unterhalb der Plasmaquelle tritt das in den jeweiligen Zonen 22, 23 durch das Plasma aufgebrochene Ätzgas bzw. Passiviergas aus, und durchmischt sich in dem Mischungsbereich 21 auf dem weiteren Weg zur Substratelektrode und dem darauf angeordneten Substrat.

10 Die Figur 2a zeigt als zweites Ausführungsbeispiel eine besonders vorteilhafte Form der bereichsweisen Unterteilung des Innenraumes der Plasmaätzvorrichtung in dem Reaktionsbereich 20 in Ätzgaszonen 23 und Passiviergaszonen 22 zur räumlich getrennten jedoch vorzugsweise gleichzeitigen Erzeugung von Ätzspezies und  
15 Passivierspezies mit Hilfe des Einsatzkörpers 5.

Dazu ist eine Mehrzahl von Rohren 32, 33, 34 vorgesehen, die jeweils gegen eine Deckelplatte 14 mit entsprechenden Bohrungen 12, 13 als Gaseintrittsöffnungen 12, 13 und gegen eine Bodenplatte 11 mit Gasaustrittsöffnungen 25 an ihren Stirnflächen gedichtet oder mit dieser verschweißt sind. Jedes dieser Rohre 32, 20 33, 34 definiert eine Erzeugungszone für Ätz- oder Passivierspezies, d.h. begrenzt eine Ätzgaszone 23 oder eine Passiviergaszone 22.

25 Um die derart gebildete Anordnung aus Rohren 32, 33, 34, die bevorzugt eine zumindest annähernd zylindrische Einhüllende besitzt, wird erneut die Spule 10 gelegt, die in diesen das Plasma erzeugt, das für die Generierung der Ätzspezies bzw. Passivierspezies erforderlich ist.  
30

Bei der Anordnung gemäß Figur 2a, die in Figur 2b noch einmal im Schnitt dargestellt ist, kommen sieben Rohre zum Einsatz, wobei das Innenrohr oder zentrale Führungsrohr 34 vorzugsweise von dem

Passiviergas durchströmt wird, während die konzentrisch angeordneten Außenrohre oder äußeren Führungsrohre 32, 33 umlaufend abwechselnd von Ätzgas und Passiviergas durchströmt werden, d.h. jedes von dem Ätzgas durchströmte Rohr 33 ist von dem Passiviergas durchströmten Rohren 32 benachbart. Es sei jedoch betont, dass das Innenrohr 34 prinzipiell auch von dem Ätzgas durchströmt werden kann, diese Variante hat sich gegenüber der vorstehenden jedoch als weniger vorteilhaft erwiesen.

Die Gesamtzahl der Rohre 32, 33, 34, die erneut einen herausnehmbaren Einsatzkörper 5 im Bereich der Plasmaquelle bilden oder alternativ in der Plasmaätzvorrichtung dort auch fest installiert sein können, ist bevorzugt ungerade, und beträgt vor dem Hintergrund des Erreichens eines möglichst homogenen Ätzergebnisses in der Regel mindestens sieben, besser neun, elf oder mehr.

Die Spule 10 wird gemäß Figur 2a oder Figur 2b um die äußere Einhüllende der Rohre 32, 33, 34 geführt, wobei erneut bevorzugt eine balancierte Spulenspeisung gemäß EP 1 062 679 B1 verwendet wird.

Die produzierten Spezies, d.h. Fluorradikale als Ätzspezies und  $C_nF_{2n}$ -Radikale als Passivierspezies treten jeweils am offenen, unteren Ende der Rohre 32, 33, 34, d.h. in dem Bereich der unteren Gasaustrittsöffnungen 25, in die Prozesskammer aus, und können sich so auf dem Weg zu dem zu ätzenden Substrat zunächst im Mischungsbereich 21 durchmischen.

Bei der Anordnung der Führungsrohre 32, 33, 34 gemäß Figur 2a ist es vielfach erforderlich, als Material für diese Quarzglas einzusetzen, da im Inneren des zentralen Führungsrohres 34 zur Zündung eines Plasmas in der Regel eine einfallende UV-Strahlung erforderlich ist, d.h., da nur die äußeren Führungsrohre 32, 33

unmittelbar an die induktive Spule 10 grenzen, und meist nur in diesen äußeren Rohren 32, 33 eine ausreichend elektrische Vorionisation von dieser bewirkt werden kann, die zum Zünden eines induktiv gekoppelten Plasmas ausreicht, ist zum Zünden des Plasmas im zentralen Führungsrohr 34 die Vorionisation durch UV-Einstrahlung aus den umgebenden äußeren Rohren 32, 33 der entscheidende Mechanismus. Insbesondere reichen die von der Spule 10 erzeugten elektrischen Felder im Allgemeinen für eine sichere Zündung des Plasmas im zentralen Führungsrohr nicht mehr aus. Andererseits hat Quarzglas auch in anderer Hinsicht vorteilhafte Eigenschaften, so dass dessen Verwendung ohnehin bevorzugt ist. So ist Quarzglas ein besonders „sauberes“ Material, das die Entstehung von Graphitpartikeln und anderen Mikromasken beim Ätzen in der Ätzevorrichtung und insbesondere auf dem Substrat wirkungsvoll unterdrückt, und das besonders glatte, für ein Plasmacontainment optimale Oberflächen besitzt.

Die Anordnung der Führungsrohre 32, 33 für Ätz- bzw. Passiviergas gemäß der ein weiteres Ausführungsbeispiel erläuternden Figuren 3a und 3b ist bevorzugt für die Verwendung von keramischen Rohrmaterialien vorgesehen und verzichtet auf das zentrale Führungsrohr 34. Ansonsten entspricht der Aufbau der Figur 2a bzw. 2b.

Die Dichtung der Rohre 32, 33 erfolgt im Übrigen gemäß Figur 3a beispielsweise stirnseitig bevorzugt mittels O-Ringen zu der Deckelplatte 14 mit den Gaseintrittsöffnungen 12, 13 zur Zufuhr von Ätzgas oder Passiviergas, je nach Aufgabe der einzelnen Rohre 32, 33 zur Definition einer Passiviergaszone 22 oder einer Ätzgaszone 23, und zu der Bodenplatte 11 mit den unteren Gaseintrittsöffnungen 25 in die Prozesskammer.

Alternativ können die Stirnseiten der Rohre 32, 33 mit der Deckelplatte 14 und/oder der Bodenplatte 11 auch verschweißt sein,



sofern diese aus Quarzglas ausgeführt sind bzw. eine direkte mechanische Verbindung mit den Rohren 32, 33 gestatten.

5 Durch die unteren Gasaustrittsöffnungen 25 im Bereich der Bodenplatte 11 treten die in den Ätzgaszonen 23 und Passiviergaszonen 22 produzierten reaktiven Spezies aus und vermischen sich in dem Mischungsbereich 21 vor dem Einwirken auf das zu ätzende Substrat. Die unteren Gasaustrittsöffnungen 25 haben dazu vorzugsweise einen Durchmesser, der dem Innendurchmesser des jeweiligen Rohres 32, 33, 34 entspricht.

10 Um die Anordnung der Rohre 32, 33 gemäß Figur 3a bzw. 3b, welche bevorzugt erneut konzentrisch um das Zentrum der Plasmaätzvorrichtung und auch des Einsatzkörpers 5 angeordnet sind, ist analog den vorstehenden Ausführungsbeispielen erneut die Spule 10 geführt, die mit einer vorzugsweisen balancierten Spulenspeisung mit einem Anpassnetzwerk nach Art der EP 1 062 679 B1 verbunden ist. Da nun alle Rohre 32, 33 unmittelbar an diese Spule 10 angrenzen, erfolgt eine Plasmazündung im Inneren der Rohre 32, 33 durch elektrischen/kapazitiven Eingriff problemlos. Weiter kann das Wandmaterial der Rohre 32, 33 im UV-Bereich nun auch undurchsichtig sein, was den Einsatz von keramischen Wandmaterialien möglich macht. Die Anzahl der Rohre 32, 33 ist gemäß Figur 3a bevorzugt gerade und sollte mindestens acht betragen.

25 Die Ausführung der Rohre 32, 33 aus Keramik hat gegenüber Quarzglas den Vorteil, dass keine Wandätzung stattfindet, und dass Keramik prinzipiell eine unbegrenzte Lebensdauer besitzt, während Quarzglas von Zeit zu Zeit wegen Aufbrauchs ersetzt werden muss.

30 Alternativ zu der vorstehend eingesetzten induktiv gekoppelten Plasmaquelle eignet sich übrigens auch eine Mikrowellenquelle, mit der in dem Reaktionsbereich 20 in den Ätzgaszonen 23 und den

Passiviergaszonen 22 bzw. den diesen jeweils zugeordneten Rohren 32, 33, 34 über eine in diese eingekoppelte Mikrowellenstrahlung mit einer Frequenz von beispielsweise 2,45 GHz ein Plasma erzeugbar ist. Dazu kann das schon in DE 42 41 045 C1 beschriebene Sulfatron-Prinzip eingesetzt werden, d.h. eine über einen oder mehrere Mikrowellenhohlleiter in jedes der Rohre 32, 33, 34 eingekoppelte Mikrowellenstrahlung breitet sich in einer Grenzschicht zwischen deren dielektrischer Wandung und dem erzeugten Plasma über die volle Rohrlänge aus, so dass so jedes der Rohre 32, 33, 34 von einem hochdichten Mikrowellenplasma ausgefüllt wird. Dabei kann jedem Rohr 32, 33, 34 ein eigener Mikrowellenhohlleiter mit einem Zirkulator, Abstimmelementen und einem Magnetron zugeordnet sein, bevorzugt ist jedoch lediglich ein solcher Mikrowellenhohlleiter vorgesehen, der sich an seinem Ende insbesondere rotationssymmetrisch über Hohlleiterabzweigungen in die Rohre 32, 33, 34 verzweigt. In der Ausführungsform gemäß Figur 2a sind in diesem Fall dann beispielsweise acht Abzweigungen aus dem Haupthohlleiter mit nachgeordneten Teilhohlleitern vorgesehen, die zentrosymmetrisch von diesem abzweigen, und so die gewünschte Mikrowellenstrahlung in die Rohre 32, 33, 34 einkoppeln.

Die Figur 4 zeigt ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dabei ist eine vertikale Trennung der Plasmaätzvorrichtung in eine obere Zone 42, vorzugsweise eine Passiviergaszone, und eine darunter befindliche untere Zone 43, vorzugsweise eine Ätzgaszone, vorgesehen, was bevorzugt über eine im Bereich der Plasmaquelle etwa auf halber Höhe in den Einsatzkörper 5 eingefügte horizontale Trennwand 35 erfolgt. Die obere Zone 42 entspricht somit einer Passiviergaszone 22 gemäß Figur 1a, 2a oder 3a, während die untere Zone 43 einer Ätzgaszone gemäß Figur 1a, Figur 2a oder Figur 3a entspricht.

Weiter wird durch eine bevorzugt zentrische Bohrung als obere Gasaustrittsöffnung 26 in der horizontalen Trennwand 35 mit einem daran angesetzten Austrittsrohr als untere Gasführung 16 das in der oberen Zone 42 durch Plasmaeinwirkung aufgebrochene Gas der Prozesskammer zugeführt, d.h. es durchströmt lediglich die untere Zone 43 ohne mit dem dort zugeführten Gas in Kontakt zu kommen, und erreicht so den Mischungsbereich 21.

Der unteren Zone 43 wird das Ätzgas beispielsweise über eine oder mehrere, beispielsweise zwei oder vier Durchführungen oder obere Gasführungen 15 und zugeordnete untere Gaseintrittsöffnungen 17 in der Trennwand 35 von oben zugeführt, wobei diese bevorzugt die obere Zone 42 durchqueren ohne dass das darin geführte Gas mit dem in der oberen Zone 42 befindlichen Gas in Kontakt kommt, und wobei der Durchmesser der oberen Gasführungen 15 bevorzugt so eng gewählt ist, dass darin bei der Durchführung durch die obere Zone 42 kein parasitäres Plasma gezündet wird. Das in der unteren Zone 43 durch das darauf einwirkende Plasma aufgebrochene Ätzgas tritt weiter dann durch eine beispielsweise um ein als untere Gasführung 16 dienendes Austrittsrohr angeordnete Austrittsblende 27 in die Prozesskammer ein, wo es sich mit dem aus der unteren Gasführung 16 austretenden Gas erstmals vermischt.

Im Übrigen sei betont, dass die Zuordnung von Ätzgas und Passiviergas zu der oberen Zone 42 und unteren Zone 43, die in ihrer Funktion der Ätzgaszone 23 bzw. der Passiviergaszone 22 gemäß den Figuren 1a bis 3b entsprechen, in dem vorstehenden Ausführungsbeispiel auch vertauscht sein kann, d.h., es ist auch möglich, das Passiviergas der unteren Zone 43 und das Ätzgas der oberen Zone 42 zuzuführen, diese Variante ist jedoch weniger bevorzugt.

Die Figur 4 zeigt schließlich, dass um die obere Zone 42 und die untere Zone 43 die Spule 10 gelegt ist, die nun vorzugsweise zwei oder mehr Windungen aufweist. Damit ist sichergestellt, dass sowohl in die untere als auch in die obere Zone 42, 43 ausreichend Hochfrequenzleistung für den Betrieb eines induktiven Plasmas eingekoppelt wird. Das Zünden des Plasmas in der oberen und der unteren Zone 42, 43 ist unproblematisch, da beide unmittelbar an die Spule 10 angrenzen und durch den elektrisch-kapazitiven Eingriff ausreichend Vorionisation für ein induktiv gekoppeltes Plasma gegeben ist.

Als Material für einen Einsatzkörper 5 gemäß Figur 4 mit oberer Zone 42 und unterer Zone 43 sowie den darin integrierten Gasführungen 15, 16 eignet sich vor allem Keramik oder Quarzglas, wobei Quarzglas leichter verarbeitbar ist.

Die Zufuhr von Ätzgas bzw. Passiviergas zu dem Einsatzkörper 5 gemäß Figur 4 erfolgt erneut über die Deckelplatte 14, die die Gaseintrittsöffnungen 12, 13 aufweist, die das jeweilige Gas der oberen Zone 42 oder den oberen Gasführungen 15 zu der unteren Zone 43 zuführen. Als Dichtungen werden erneut beispielsweise O-Ringe gegen die Stirnflächen eingesetzt. Die untere Anbindung des Einsatzkörpers 5 gemäß Figur 4 an die Prozesskammer erfolgt erneut beispielsweise über eine in Figur 4 nicht dargestellte Bodenplatte, deren Bohrung bevorzugt dem Innendurchmesser der unteren Zone 43 entspricht. Auch hier wird als Dichtung bevorzugt ein O-Ring gegen die Stirnfläche der Kesselwandung eingesetzt.

Da der Aufbau des Einsatzes gemäß Figur 4 verglichen mit Figur 1a, 2a oder 3a relativ komplex ist, ist dieser gegenüber diesen weniger bevorzugt.

Bei der Durchführung einer anisotropen Plasmaätzung von Silizium, beispielsweise zur Erzeugung möglichst senkrechter und glatter Trenchgräben, mit Hilfe einer der vorstehend erläuterten Vorrichtungen kann weitestgehend auf die bereits aus DE 42 41 045 C1 bekannten Rezepturen zurückgegriffen werden. Insbesondere liegen die induktiv eingekoppelten elektrischen Leistungen an der Spule 10 zwischen 400 Watt und 6 kWatt, und die Leistung an der Substratelektrode beträgt im Zeitmittel zwischen 5 und 30 Watt, wodurch erzeugte Ionen auf das zu ätzende Substrat hin beschleunigt werden. Weiter können sowohl im Fall der Spulenleistung als auch der Substratelektrodenleistungen Pulstechniken gemäß DE 199 33 842 A1 oder Magnetfelder im Bereich von einigen mTesla gemäß DE 199 33 841 A1 oder der Anmeldung DE 100 51 831.1 eingesetzt werden.

Die Prozessdrücke in der Plasmaätzvorrichtung liegen zwischen 10 µbar und 300 µbar, vorzugsweise zwischen 30 µbar und 150 µbar, insbesondere 50 µbar bis 90 µbar. Dabei können sich je nach Einstellung der Gasflüsse in den einzelnen Ätzgaszonen 23, 43 oder Passiviergaszonen 22, 42 auch unterschiedliche Drücke ergeben, d.h. die Druckangabe bezieht sich auf den Mischungsbereich 21 in der Plasmaätzvorrichtung, nicht auf die Drücke in den Rohren 15, 16, 32, 33, 34 oder Zonen 22, 23, 42, 43 mit Ätzgas oder Passiviergas.

Die eingesetzten Gasflüsse betragen beispielsweise 100 sccm bis 2000 sccm ( $\text{cm}^3/\text{min}$  bei Standarddruck von 1 bar)  $\text{SF}_6$  für das Ätzgas, insbesondere 500 sccm  $\text{SF}_6$ , wobei ein Anteil von 10 % bis 20 % Sauerstoff zugesetzt sein kann, 100 sccm bis 1000 sccm  $\text{C}_4\text{F}_8$  für das Passiviergas, insbesondere 250 sccm  $\text{C}_4\text{F}_8$ , dem ein Anteil von 2 % Sauerstoff zugesetzt sein kann. Sind die Gasflüsse für Ätz- und Passiviergas stark voneinander verschieden eingestellt, ist es auch möglich, deutlich voneinander verschiedene Drücke in den Ätzgaszonen 23, 43 gegenüber den Passiviergaszonen 22, 42 zu

generieren, d.h. man hat nun eine Möglichkeit, darüber für jede Spezies (Ätzspezies, Passiviergasspezies) in den zugeordneten Zonen 22, 23, 42, 43 den für deren Erzeugung unter den gegebenen Leistungsparametern jeweils optimalen Druck dort einzustellen.

5

Die Substrattemperatur beträgt im Übrigen vorzugsweise - 30°C bis + 100°C, beispielsweise + 50°C. Sie sollte in jedem Fall auf Werte unter 100°C begrenzt werden, um die Stabilität von Foto-lackmasken aufrechtzuerhalten.

12.02.02 Kut/Dm

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

## Ansprüche

10

15

20

25

1. Vorrichtung zum anisotropen Ätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers, mit einer Plasmaquelle zum Generieren eines hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldes, einer Ätzkammer und einem Reaktionsbereich (20) zum Erzeugen eines Plasmas mit reaktiven Spezies innerhalb der Ätzkammer durch Einwirken des Wechselfeldes auf ein in den Reaktionsbereich (20) einbringbares Ätzgas und ein in den Reaktionsbereich (20) einbringbares Passiviergas, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel (5) vorgesehen ist, mit dem in dem Reaktionsbereich (20) mindestens eine erste, überwiegend oder zumindest nahezu ausschließlich mit dem Ätzgas beaufschlagte Zone (23, 33, 43) und in dem Reaktionsbereich (20) mindestens eine zweite, überwiegend oder zumindest nahezu ausschließlich mit dem Passiviergas beaufschlagte Zone (22, 32, 42) definierbar ist, und dass ein dem Reaktionsbereich (20) nachgeordneter Mischungsbereich (21) vorgesehen ist, mit dem in der ersten Zone (23, 33, 43) aus dem Ätzgas erzeugte reaktive Spezies und in der zweiten Zone (22, 32, 42) aus dem Passiviergas erzeugte reaktive Spezies vor einem Einwirken auf das Substrat miteinander vermischbar sind.

30

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (5) derart ausgebildet ist, dass das der ersten Zone (23, 33, 43) zugeführte Gas und das der zweiten Zone (22, 32, 42) zugeführte Gas vor dem Erreichen des Mischungsbereiches (21) räumlich voneinander getrennt geführt sind, und während dessen eine Vermischung beider Gase zumindest weitgehend unterbleibt.

35

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaquelle eine induktiv gekoppelte Plasmaquelle mit einer Spule (10) ist, mit der in dem Reaktionsbereich (20) in der ersten Zone (23, 33, 43) und der zweiten Zone (22, 32, 42) ein Plasma erzeugbar ist.

4. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein insbesondere aus Glas oder Keramik gefertigter Einsatzkörper (5) ist, der jeweils mindestens eine, insbesondere Mehrzahl von räumlich voneinander getrennten Passiviergaszonen (22, 32, 42) und räumlich voneinander getrennten Ätzgaszonen (23, 33, 43) begrenzt, wobei den Ätzgaszonen (23, 33, 43) über eine zugeordnete Gasführung (13, 15) das Ätzgas und den Passiviergaszonen (22) über eine zugeordnete Gasführung (12) das Passiviergas zuführbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein in die Ätzkammer eingesetzter, in Draufsicht sternförmiger, insbesondere zylindersymmetrischer Einsatzkörper (5) mit Trennwänden (34) ist, die die mindestens eine Ätzgaszone (22) und die mindestens eine Passiviergaszone (23) voneinander trennen, und wobei der Einsatzkörper (5) auf seiner dem Substrat abgewandten Seite mit einem Gaseintrittsöffnungen (12, 13) aufweisenden Platte (14) abgedichtet und auf seiner dem Substrat zugewandten Seite offen ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (5) ein in die Ätzkammer eingesetzter, in Draufsicht insbesondere zylindersymmetrischer Einsatzkörper (5) mit mindestens zwei Führungsrohren (32, 33) ist, wobei einem ersten, Ätzgaszonen definierenden Teil der Führungsrohre (33) das Ätzgas und einem zweiten, Passiviergaszonen definierenden Teil der Führungsrohre (32) das Passiviergas zuführbar ist, und wobei die Führungsrohre (32, 33) auf ihrer dem



Substrat abgewandten Seite insbesondere über eine Deckelplatte (14) definierte Gaseintrittsöffnungen (12, 13) aufweisen, und wobei die Führungsrohre (32, 33) auf ihrer dem Substrat zugewandten Seite offen sind und in den Mischungsbereich (21) münden.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungsrohre (32, 33) insbesondere konzentrisch um eine Symmetrieachse der Ätzkammer angeordnet sind und parallel zueinander verlaufen, und/oder dass ein zentrales Führungsrohr (34) vorgesehen ist, um das die weiteren Führungsrohre (32, 33) insbesondere konzentrisch angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ätzgaszonen (23, 33) und die Passiviergaszonen (22, 32) derart angeordnet sind, dass in dem Mischungsbereich (21) eine möglichst gute Vermischung von aus dem Ätzgas erzeugten reaktiven Ätzgasspezies und aus dem Passiviergas erzeugten reaktiven Passiviergasspezies erfolgt.

9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (5) derart ausgebildet ist, dass es eine bezogen auf den Ort des Substrates obere Zone (42) und eine bezogen auf den Ort des Substrates untere Zone (43) aufweist, wobei mittels Gasführungen (15, 16) einer der Zonen (43) das Ätzgas und der anderen der Zonen (42) das Passiviergas derart zuführbar ist, dass eine Durchmischung beider Gase oder daraus mittels Plasmaeinwirkung erzeugter reaktiver Gasspezies zumindest weitgehend erst in dem Mischungsbereich (21) erfolgt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaquelle eine Mikrowellenquelle ist, mit der

in dem Reaktionsbereich (20) in der ersten Zone (23, 33, 43) und der zweiten Zone (22, 32, 42) ein Plasma erzeugbar ist, wobei die Mikrowellenquelle insbesondere je einen den Zonen (22, 23, 32, 33, 42, 43) zugeordneten Hohlleiter zur Einkoppelung von Mikrowellenstrahlung in diese aufweist.

11. Verfahren zum anisotropen Ätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers, wobei mit Hilfe einer Plasmaquelle ein hochfrequentes elektromagnetisches Wechselfeld generiert wird, das innerhalb einer Ätzkammer in einem Reaktionsbereich (20) durch Einwirken des Wechselfeldes auf ein in den Reaktionsbereich (20) eingebrachtes Ätzgas und ein in den Reaktionsbereich (20) eingebrachtes Passiviergas ein Plasma mit reaktiven Spezies erzeugt, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Reaktionsbereich (20) das Ätzgas überwiegend oder zumindest nahezu ausschließlich in mindestens eine erste Zone (23, 33, 43) und das Passiviergas überwiegend oder zumindest nahezu ausschließlich in mindestens eine zweite Zone (22, 32, 42) eingebracht wird, wobei in der ersten Zone (23, 33, 43) mittels eines dort erzeugten Plasmas reaktive Ätzgasspezies und in der zweiten Zone (22, 32, 42) mittels eines dort erzeugten Plasmas reaktive Passiviergasspezies erzeugt werden, und wobei die Ätzgasspezies und die Passiviergasspezies vor deren Einwirkung auf das Substrat in einem dem Reaktionsbereich (20) nachgeordneten Mischungsbereich (21) miteinander vermischt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Ätzgas und das Passiviergas gleichzeitig eingesetzt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass als Ätzgas ein unter Plasmaeinwirkung Fluorradikale lieferndes Ätzgas und/oder als Passiviergas ein unter Plasmaeinwirkung teflonbildende Monomere lieferndes Passiviergas eingesetzt wird.

12.02.02 Kut/Dm

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Vorrichtung und Verfahren zum anisotropen Plasmaätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers

10

Zusammenfassung

15

20

25

30

Es wird ein Verfahren und eine zu dessen Durchführung geeignete Vorrichtung zum anisotropen Plasmaätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers, vorgeschlagen. Die Vorrichtung weist eine Ätzkammer und eine Plasmaquelle zum Generieren eines hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldes und einen Reaktionsbereich (20) zum Erzeugen eines Plasmas mit reaktiven Spezies innerhalb der Ätzkammer auf, wobei die reaktiven Spezies durch Einwirken des Wechselfeldes auf ein Ätzgas und ein insbesondere gleichzeitig aber räumlich getrennt dazu eingebrachtes Passiviergas entstehen. Weiter ist ein Mittel (5) vorgesehen, mit dem in dem Reaktionsbereich (20) mindestens eine erste, mit dem Ätzgas beaufschlagte Zone (23, 33, 43) und mindestens eine zweite, mit dem Passiviergas beaufschlagte Zone (22, 32, 42) definiert werden. Zudem weist die Vorrichtung einen dem Reaktionsbereich (20) nachgeordneten Mischungsbereich (21) auf, mit dem in der ersten Zone (23, 33, 43) aus dem Ätzgas erzeugte reaktive Spezies und in der zweiten Zone (22, 32, 42) aus dem Passiviergas erzeugte reaktive Spezies vor einem Einwirken auf das Substrat miteinander vermischt werden.

Figur 1a

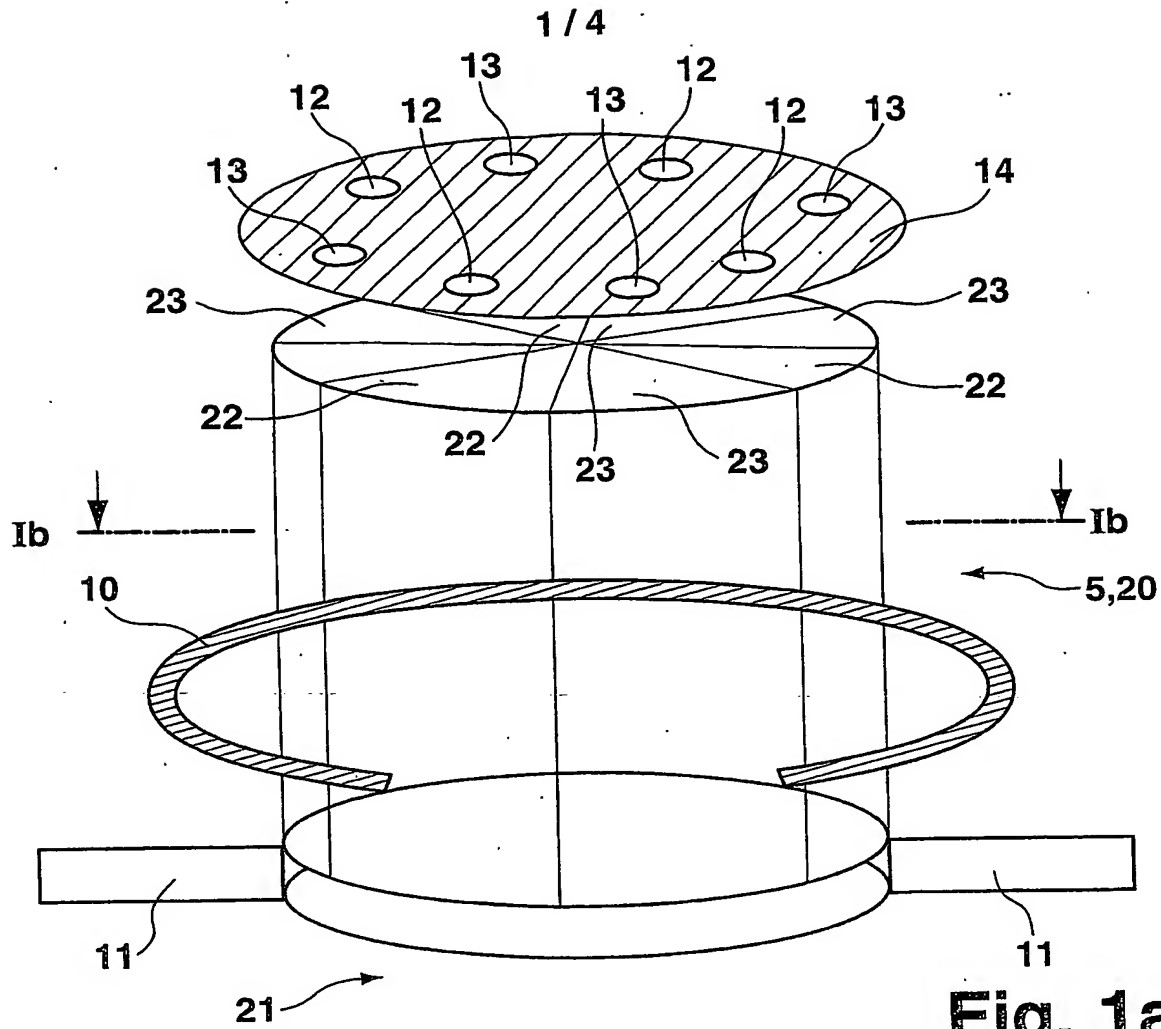


Fig. 1a

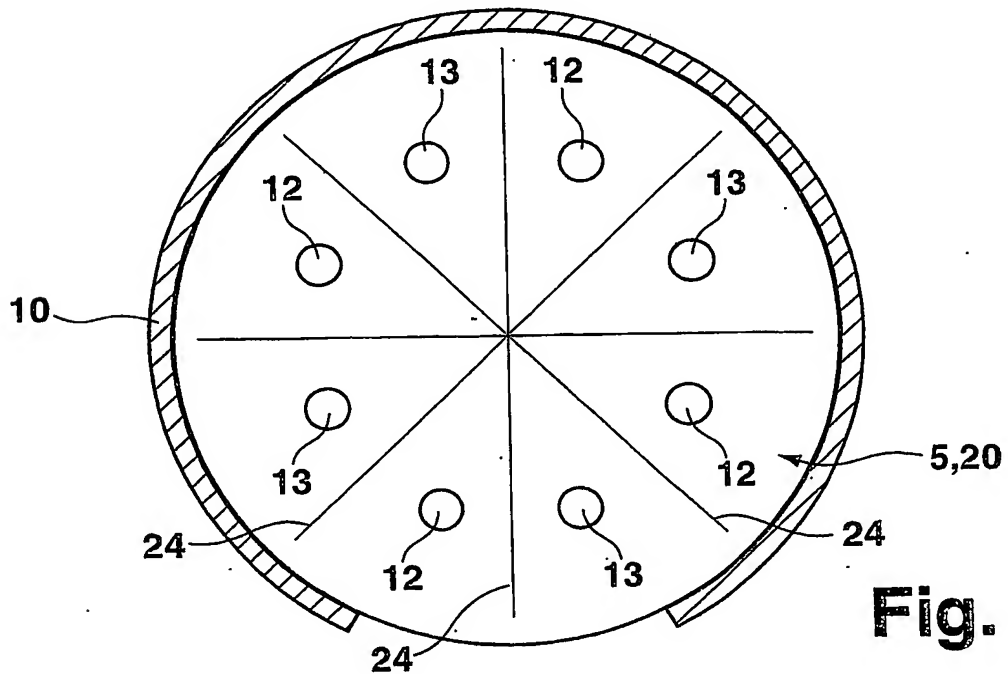


Fig. 1b

2 / 4

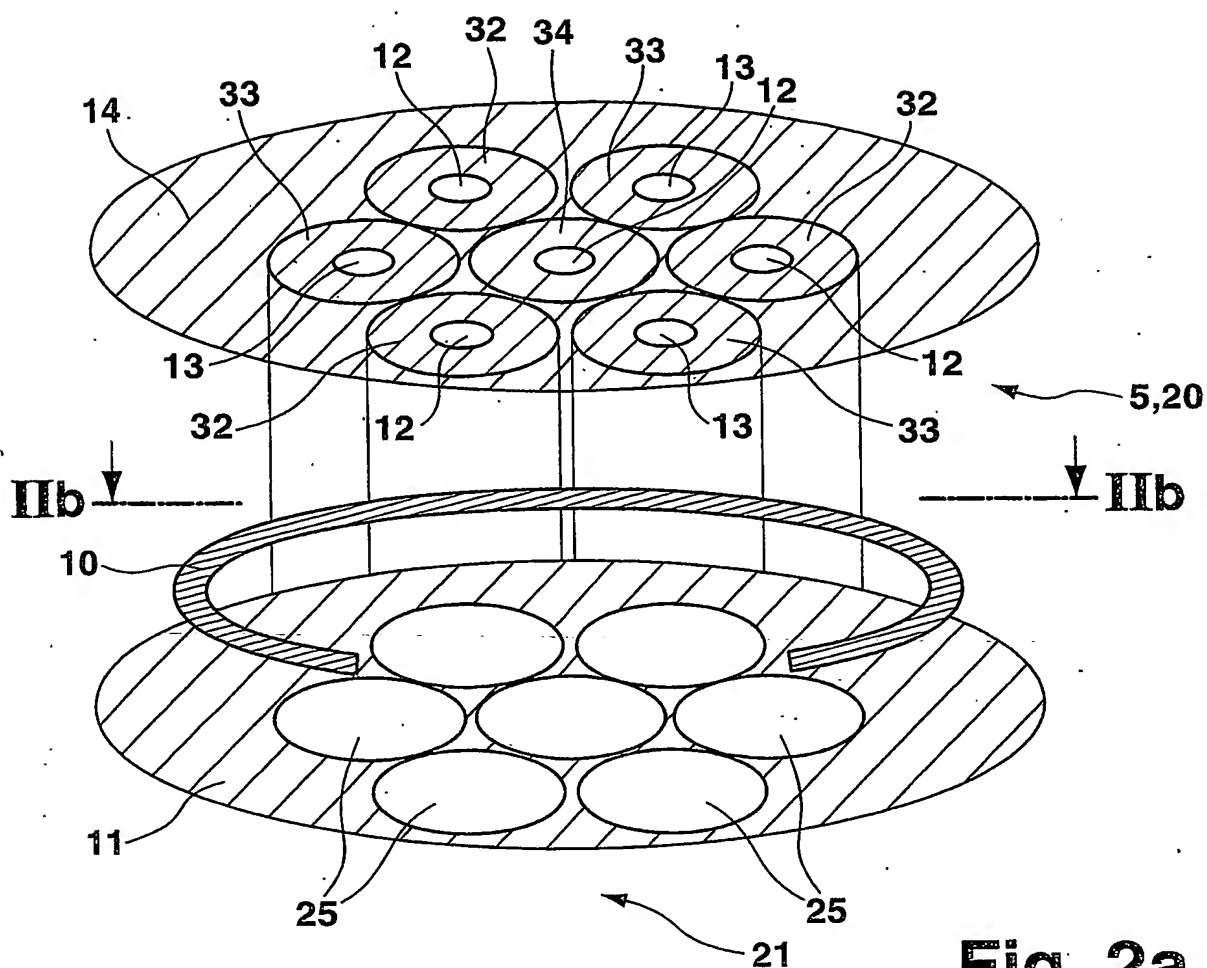


Fig. 2a

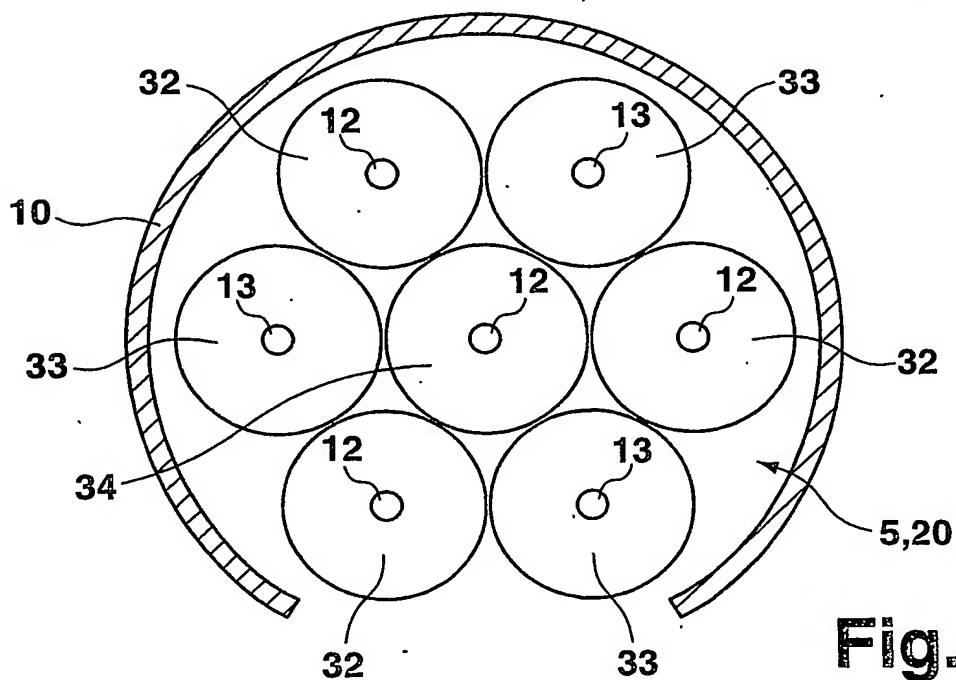


Fig. 2b

3/4

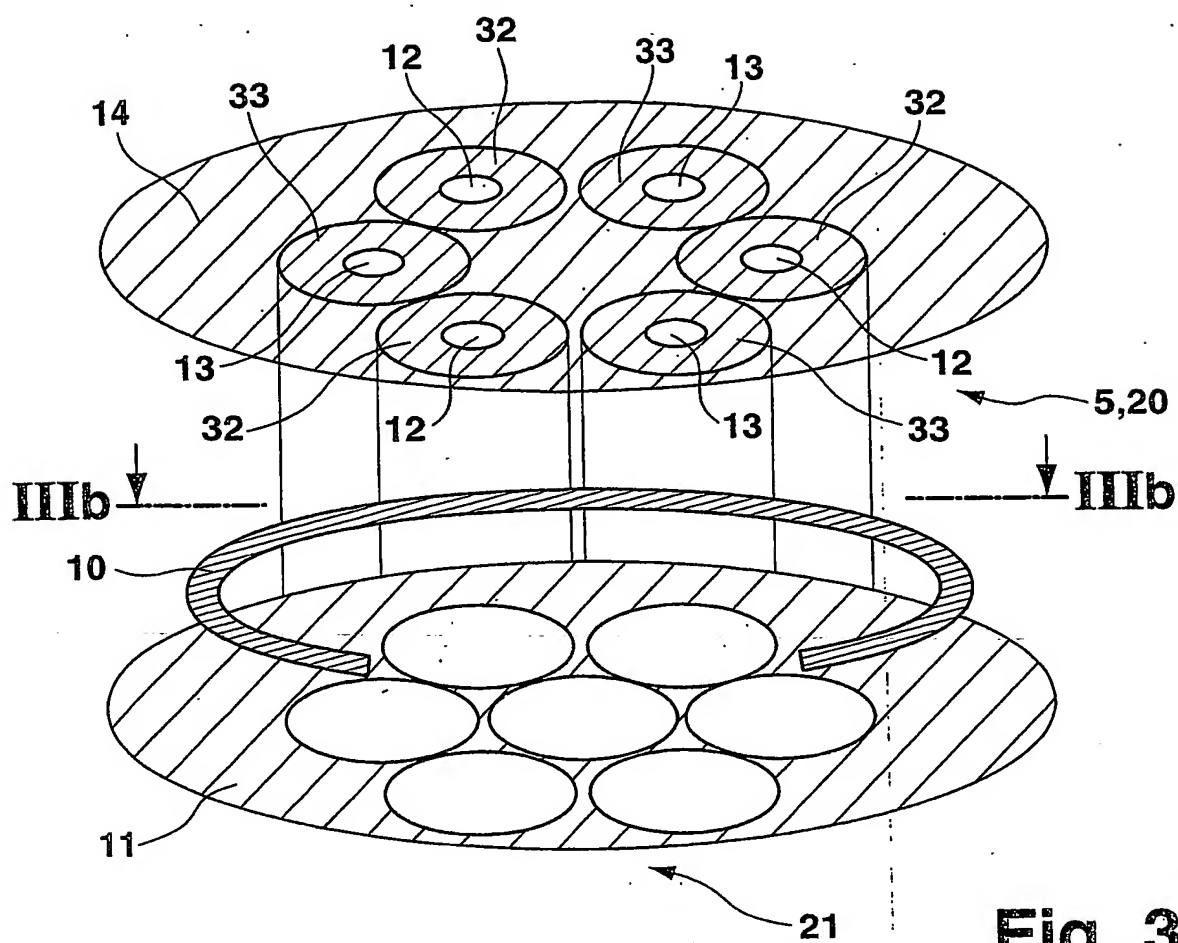


Fig. 3a

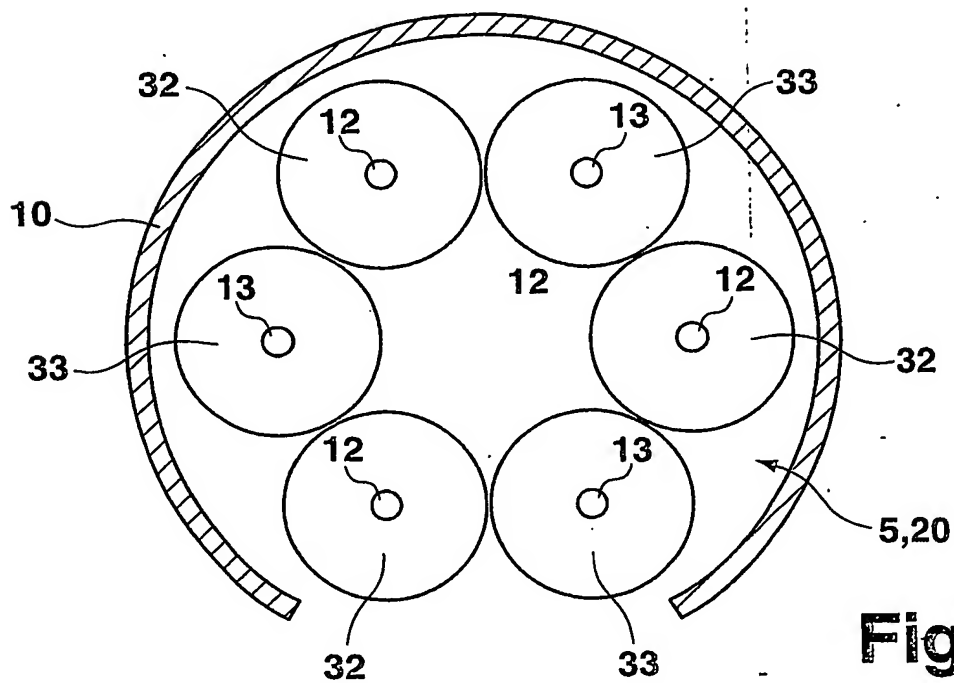


Fig. 3b

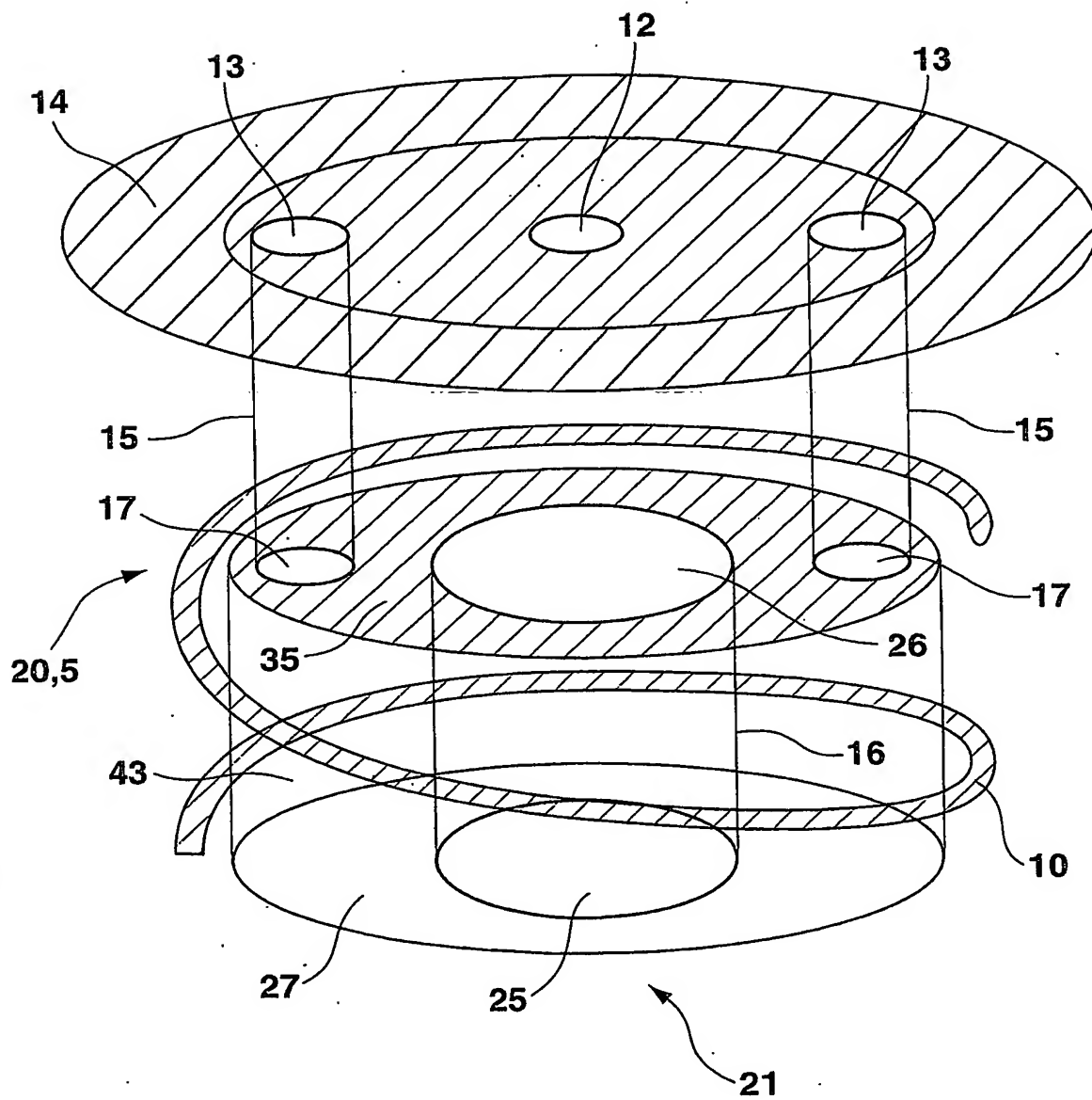


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**